

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-318217
(P2001-318217A)

(43) 公開日 平成13年11月16日 (2001.11.16)

(51) Int.Cl.
G 0 2 B 5/18

識別記号

FI
G 0 2 B 5/18ページ数(参考)
2 H 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数 4 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2000-135056(P2000-135056)

(22) 出願日 平成12年5月8日(2000.5.8)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成11年11月23日～
11月25日 日本光学会(応用物理学会)主催の「Opt
ics Japan' 99」において文書をもって発表

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72) 発明者 余 万吉

大阪府堺市中百舌鳥町6丁目875-1 マン

ション源3FC7

(72) 発明者 小西 毅

大阪府高槻市日吉台四番町20-41

(72) 発明者 一岡 芳樹

奈良県奈良市六条1丁目17番西ノ京合同宿
舎2-222

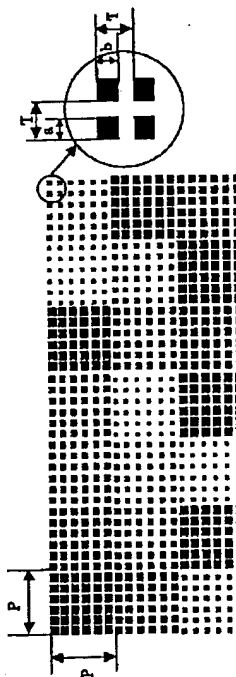
(74) 代理人 100065215

弁理士 三枝 英二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有効屈折率法を用いたブレード位相型回折光学素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 簡便にしかも精度良く製造することができる
位相型回折光学素子及びその製造方法を提供する。【解決手段】 異なる位相変調能を有する単位パターンを
多数配置したランダムな位相分布を有し、各单位パター
ンは、使用光の波長以下の周期をもった凹凸部により構
成され、凹凸部における凹部と凸部の幅の比の相違によ
り単位パターン間の位相変調能が異なったものとされて
いる位相型回折光学素子。基板上にレジスト層を形成
し、該レジスト層上に電子ビーム又はレーザーを照射し
た後、該レジスト層を現像することにより一部のレジス
ト層を除去した凹凸面を形成し、該凹凸面に金属層を形
成した後、レジスト層を金属層と共にリフトオフし、リ
フトオフ後の面をエッチングすることにより、凹凸部を
形成する位相型回折光学素子の製造方法。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 異なる位相変調能を有する単位パターンを面状に多数配置したランダムな位相分布を有する位相型回折光学素子であって、各単位パターンは、使用光の波長以下の周期をもった凹凸部により位相変調能を有するように構成され、前記凹凸部における凹部と凸部の幅の比の相違により単位パターン間の位相変調能が異なったものとされていることを特徴とする位相型回折光学素子。

【請求項2】 前記単位パターンの凸部までの高さが単位パターン間で実質上一定であることを特徴とする請求項1に記載の位相型回折光学素子。

【請求項3】 異なる位相変調能を有する単位パターンを面状に多数配置したランダムな位相分布を有する位相型回折光学素子の製造方法であって、基板上にレジスト層を形成し、該レジスト層上に電子ビーム又はレーザーを照射した後、該レジスト層を現像することにより一部のレジスト層を除去した凹凸面を形成し、該凹凸面に金属層を形成した後、レジスト層をその上の金属層と共にリフトオフし、リフトオフ後の面をエッチングすることにより、凹凸部を形成するものであり、前記電子ビーム又はレーザーの照射は、前記凹凸部が使用光の波長以下の周期をもち、該凹凸部における凹部と凸部の幅の比が、1つの単位パターン内では実質上同一であり、異なる位相変調能の単位パターン間で異なるように、行なわれることを特徴とする位相型回折光学素子の製造方法。

【請求項4】 異なる位相変調能を有する単位パターンを面状に多数配置した位相型回折光学素子の製造方法であって、基板上にレジスト層を形成し、該レジスト層上に金属マスクを配置し、光リソグラフィ法により一部のレジスト層を感光させ、該感光面を現像することにより一部のレジスト層を除去して凹凸面を形成し、該凹凸面に金属層を形成した後、レジスト層をその上の金属層と共にリフトオフし、リフトオフ後の面をエッチングすることにより、凹凸部を形成するものであり、前記金属マスクは、前記凹凸部が使用光の波長以下の周期をもち、該凹凸部における凹部と凸部の幅の比が、1つの単位パターン内では実質上同一であり、異なる位相変調能の単位パターン間で異なるように、マスク面が形成されていることを特徴とする位相型回折光学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はブレード位相型回折光学素子及びその製造方法に関するものである。その製造方法は、特に、電子ビーム描画装置、イオンエッチング装置等を用いて位相変調を有する回折素子を基板上に形成するのに有利な方法である。

【0002】

【従来の技術】 回折効率の高い位相型回折素子を実現す

るには、場所毎に要求される入射ビームに対する位相変調を正確に行なう必要がある。回折型光学素子は図7に示すような単位パターンPに要求される位相変調が周期的に繰り返す単純回折素子と図8に示すような単位パターンPに要求される位相変調領域が素子面内にランダムに分布しているものがある。図7に示す素子の代表的なものとしては、回折格子、ゾーンプレートがあり、図8に示す素子の代表的なものとしては、コンピュータ合成ホログラム（CGH）がある。従来の位相型回折光学素子は、多段階の凹凸形状を光学基板上に形成し、基板の材質の屈折率と空気の屈折率との差によって要求された位相変調を実現し、光学素子の性能を生み出している（図7、図8）。

【0003】

【発明が解決しようとする問題】 このような光学素子の多段階の凹凸形状は、電子ビーム描画装置を用いてその露光量を変えながら描画することにより直接に行なうことができる。電子ビーム描画装置は細かいパターン（数10nm）が形成できるが、ビームの近接散乱が不可避免的に生じるので、位相変調量だけではなく、位相変化の勾配（隣の位相変調量との差など）を考慮して露光量を設定しなければならない。したがって、露光量設定のためのデータが複雑になり、光学素子製造のための加工設定に手間が掛かる。特に、要求される位相変調量が異なる単位パターンがランダムに分布している図8のような素子については、露光量のデータが膨大になり、位相変調を忠実に実現するのは困難である。

【0004】 本発明は、このような従来技術の問題点を解消し、簡便にしかも精度良く製造することができる位相型回折光学素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、前記目的を達成するため、異なる位相変調能を有する単位パターンを面状に多数配置したランダムな位相分布を有する位相型回折光学素子であって、各単位パターンは、使用光の波長以下の周期をもった凹凸部により位相変調能を有するように構成され、前記凹凸部における凹部と凸部の幅の比の相違により単位パターン間の位相変調能が異なったものとされていることを特徴とする位相型回折光学素子を提供するものである。

【0006】 前記単位パターンの凸部までの高さが単位パターン間で実質上一定とすることができる。

【0007】 本発明はまた、前記目的を達成するため、異なる位相変調能を有する単位パターンを面状に多数配置したランダムな位相分布を有する位相型回折光学素子の製造方法であって、基板上にレジスト層を形成し、該レジスト層上に電子ビーム又はレーザーを照射した後、該レジスト層を現像することにより一部のレジスト層を除去した凹凸面を形成し、該凹凸面に金属層を形成した

後、レジスト層をその上の金属層と共にリフトオフし、リフトオフ後の面をエッチングすることにより、凹凸部を形成するものであり、前記電子ビーム又はレーザーの照射は、前記凹凸部が使用光の波長以下の周期をもち、該凹凸部における凹部と凸部の幅の比が、1つの単位パターン内では実質上同一であり、異なる位相変調能の単位パターン間で異なるように、行なわれることを特徴とする位相型回折光学素子の製造方法を提供するものである。

【0008】本発明はさらに、前記目的を達成するために、異なる位相変調能を有する単位パターンを面状に多数配置した位相型回折光学素子の製造方法であって、基板上にレジスト層を形成し、該レジスト層上に金属マスクを配置し、光リソグラフィ法により一部のレジスト層を感光させ、該感光面を現像することにより一部のレジスト層を除去して凹凸面を形成し、該凹凸面に金属層を形成した後、レジスト層をその上の金属層と共にリフトオフし、リフトオフ後の面をエッチングすることにより、凹凸部を形成するものであり、前記金属マスクは、前記凹凸部が使用光の波長以下の周期をもち、該凹凸部における凹部と凸部の幅の比が、1つの単位パターン内では実質上同一であり、異なる位相変調能の単位パターン間で異なるように、マスク面が形成されていることを特徴とする位相型回折光学素子の製造方法をも提供するものである。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態について添付図面を参照しつつ説明する。

【0010】図1及び図2は、本発明に係る位相型回折光学素子の1例を示している。図示のように、位相型回折光学素子は、異なる位相変調能を有する単位パターンPを面状に多数配置したものである。各単位パターンPは、使用光の波長以下の周期をもった凹凸部により構成されている。この使用光の波長以下の周期をもった凹凸部により位相変調能が得られる。そして、この光学素子では、凹凸部における凹部と凸部の幅の比をパターン単位で異ならせることにより、単位パターンP間の位相変調能を異なったものとしている。したがって、単位パターンPの凸部までの高さは単位パターン間で実質上一定となっている。

【0011】周期構造を持つ透過型回折格子にある波長のビームを入射すると、直進する0次ビームと多数の高次光が出力される。しかし、この周期構造の周期が短くなって、その値が入射ビームの波長程度ないしは波長以下になると、高次光に対する回折条件が成立たなくなる。そのため、出力は実質上0次ビームだけになる。この時の回折格子を0次グレーティングという。この0次ビームの位相は0次グレーティングで表す“有効屈折率”によって変調される。この有効屈折率はグレーティングのパラメーターに依存するため、その値は一定の範

囲で変化させることができる(有効屈折率法、Effective media theory)。図3のグラフは、石英ガラス基板(屈折率 $n=1.46$)上に形成した2次元のピラー(Pillar)型及びホール(Hole)型の0次グレーティングにおける有効屈折率が、凹凸周期に対するピラー及びホールの割合に依存する状態を示している。ピラー及びホールは、光学素子の凹凸部の構成によって区別され、図1の四角い黒色部分が、エッチングにより除去されず柱状に残った部分であるときに「ピラー」と称し、エッチングにより除去されて縦穴状となったときに「ホール」と称する。図1において、ピラー又はホールの横幅は a 、縦幅は b で示され、凹凸部の周期は T で示されている。凹凸周期に対するピラー幅又はホール幅の割合である a/T 又は b/T を、フィリングファクター(filling Factor)と定義する。

【0012】図6は、電子ビーム描画を用いて作製した位相型回折光学素子の例の拡大写真に基づく斜視図である。下側の図(b)は上側の図(a)をさらに拡大したものであり、左側がホール型の単位パターン、右側がピラー型の単位パターンを示している。

【0013】本発明では、有効屈折率が回折光学素子のフィリングファクターに依存している特徴を利用してブレード位相型回折素子を設計する。通常の光学素子内での相対位相変調は0から 2π までの値を有している。すなわち、要求された位相変調に応じて単位パターンの平面構造を表すパラメータ(a/T 、 b/T)を制御することで要求に合った位相型回折光学素子を実現する。

【0014】そして、位相変調量の少ないところではピラー型の微細構造にし、位相変調量の大きいところでホール型の微細構造にするのが有利である。これについて、フィリングファクターと有効屈折率との関係を示す図3と共に説明する。図3(a)に示すように、ピラー型の単位パターンは、位相変調量が少ない範囲、すなわち有効屈折率が小さい範囲において、フィリングファクターの変化に対する有効屈折率の変化が緩やかになっている。一方、図3(b)に示すように、ホール型の単位パターンは、位相変調量が多い範囲、すなわち有効屈折率が大きい範囲において、フィリングファクターの変化に対する有効屈折率の変化が緩やかになっている。後述するように、回折光学素子の望ましい製造方法においては、レジスト層に電子ビームやレーザー等で単位パターンを描画し、その表面をエッチングする工程が含まれている。その描画工程やエッチング工程においては、描画装置の作動誤差やエッチングの進行誤差等が不可避免的に伴い、パターン形成の精度にある程度の変動が生じがちである。これに対し、位相変調量の少ないところでピラー型、位相変調量の大きいところでホール型の微細構造にしておけば、パターン精度に変動が生じてフィリングファクターが変動しても、その変化に対する有効屈折率の変化が緩やかになっているので、結果的に得られる位

相変調量への影響は小さくなる。したがって、加工上の多少の誤差が合っても、高い精度の回折光学素子を得ることができるのである。

【0015】例えば、位相変調量0のところではフィリングファクターが0のピラー型にし、最大の位相変調量のところでフィリングファクターが0のホール型にする。例として得られた 1.5π 、 π 、 0.5π 、0の位相変調量を要求する場所に対する描画及びリフトオフを行なった後の単位パターンの表面形状を図4(a)に、エッチングした後の単位パターンの断面形状を図4(b)に示す。従来の回折光学素子及び本発明に係る回折光学素子におけ

表 1(a)

位相変調量	0	0.5π	π	1.5π
Filling factor	1	1	1	1
断面深さ(h)	$3\lambda/(n-1)/4$	$\lambda/(n-1)/2$	$\lambda/(n-1)/4$	0

(b)

位相変調量	0	0.5π	π	1.5π
Filling factor	0(Pillar)	0.62(Pillar)	0.58(Hole)	0(Hole)
断面深さ(h)	$3\lambda/(n-1)/4$	$3\lambda/(n-1)/4$	$3\lambda/(n-1)/4$	0

【0017】次に、本発明に係る位相型回折光学素子の製造方法として、2つの方法を説明する。

(i) 電子ビーム描画を用いる方法

図5は、位相型回折光学素子の製造過程の一例を概略的に示している。まず、光学基板S上に電子ビームレジストをスピンコートし、レジスト層Rを形成する(例えば、約300nmの厚さ)(図5(a))。そして、レジスト層Rに電子ビームEを照射しつつ設計した素子の表面形状に沿って描画する。描画後に現像すると、レジストのポジ、ネガに応じて、電子ビームを照射した部分又は照射されなかった部分が除去される(図5(b))。その後、レジスト層の有無に拘わらず基板上面にクロム(Cr)等の金属を蒸着して金属層Mを形成する(例えば、約70nmの厚さ)(図5(c))。そして、リフトオフを行なうことにより、レジスト層のある部分がその上の金属層Mと共に除去される(図5(d))。その結果、レジスト層のない部分にのみ金属層Mが残る。この状態のものに対して、反応性ドライエッチング装置内においてエッチングを行うと、金属層Mのない部分のみが蝕刻される。その後、金属層Mを酸による腐食等によって除去すると、図5(e)に示すような凹凸部が得られる。この手法に基づいて、電子ビームの照射による描画の位置を調整することにより、図4に示すように、凸部及び凹部の幅が異なる単位パターンが得られる。

(ii) 金属マスクを用いる方法

まず、前述の方法と同様にして光学基板上に電子ビーム

る各位相変調量に対する断面深さを表1(a)、(b)に示す。表中、 λ は光学素子を使用するときの光の波長、 n は光学素子基板の屈折率である。これらの表から明らかなように、従来の光学素子では、位相変調量が異なると、断面深さ h を大きく異ならせる必要があった。これに対し、本発明に係る光学素子においては、位相変調量に拘わらず断面深さ h は、一定でよい(一般的には、位相変調量が最大の部分のみ深さが0となる。)

【0016】

【表1】

レジストをスピンコートし、レジスト層を形成する。該レジスト層上に金属マスクを配置し、光リソグラフィー法により一部のレジスト層を感光させる。その感光面を現像することにより一部のレジスト層を除去して凹凸面を形成する。その後、凹凸の有無に拘わらず基板上面にクロム(Cr)等の金属を蒸着して金属層を形成する。金属層を形成した後は、前述の方法と同様にして、レジスト層をその上の金属層と共にリフトオフし、リフトオフ後の面をエッチングすることにより、凹凸部を形成する。金属マスクは、得られる凹凸部が使用光の波長以下の周期を持つようにマスク面

【0018】

【発明の効果】本発明によれば、以下の効果を奏する位相型回折光学素子及びその製造方法を提供することができる。すなわち、本発明に係る位相型回折光学素子は、ランダムな位相分布を有する回折光学素子であり、これを構成する各単位パターンは、使用光の波長以下の周期をもった凹凸部により位相変調能を有するように構成され、凹凸部における凹部と凸部の幅の比の相違により単位パターン間の位相変調能を異なったものとしている。したがって、位相変調領域がランダムに分布する光学素子の場合に、多段階の凹凸形状を基板上に形成していた従来の光学素子では露光量データが特に複雑となって、位相変調の忠実な実現が困難であったのに対し、単位パターンの凹凸部の高さの差が一定であるバイナリ形状とすることができるので、露光条件を設定するデータ量が

極めて少なく、作製が簡便であり、正確に行える。

【0019】また、本発明に係る位相型回折光学素子の製造方法においては、基板上のレジスト層上に電子ビーム又はレーザーを照射した後、現像により一部のレジスト層を除去した凹凸面を形成し、該凹凸面に金属層を形成する。或いは、レジスト層上に金属マスクを配置し、光リソグラフィー法により一部のレジスト層を感光させ、現像により一部のレジスト層を除去して凹凸面を形成し、該凹凸面に金属層を形成する。これらの金属層形成後に、レジスト層をその上の金属層と共にリフトオフし、リフトオフ後の面をエッチングすることにより、単位パターンの凹凸部を形成する。このように、単位パターンの凹凸部を形成するためのエッチングは、リフトオフを経た後の金属層をマスク層として行なわれるので、マスク層が薄くでき、その結果、厚いマスク層の場合に強い影響を受けていた近接散乱を防ぐことができ、精密な表面形状を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る位相型回折光学素子の一例の一部を拡大して示す平面図である。

【図2】 図1に示した位相型回折光学素子の縦断面図である。

【図3】 本発明に係る位相型回折光学素子の凹凸部形状と有効屈折率との関係を示すグラフである。

【図4】 本発明に係る位相型回折光学素子の平面及び縦断面を示す説明図である。

【図5】 本発明に係る回折光学素子の製造工程の一例を示す図である。

【図6】 本発明に係る位相型回折光学素子の拡大写真に基づく斜視図である。

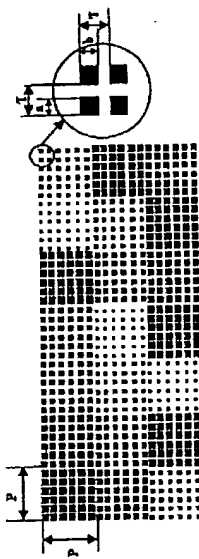
【図7】 従来の位相型回折光学素子の一例を示す斜視図である。

【図8】 従来の位相型回折光学素子の他の例を示す斜視図である。

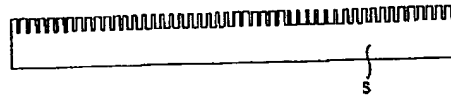
【符号の説明】

M 金属層
P 単位パターン
R レジスト層
S 基材
T 凹凸部の周期

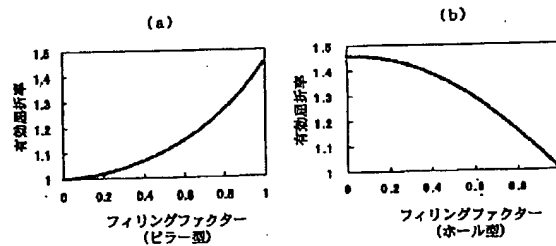
【図1】



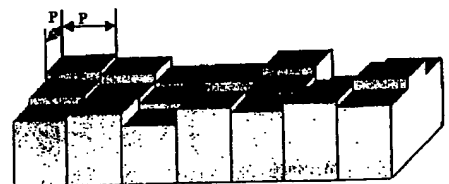
【図2】



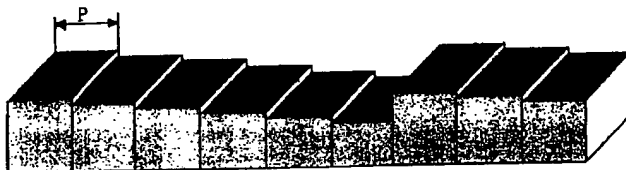
【図3】



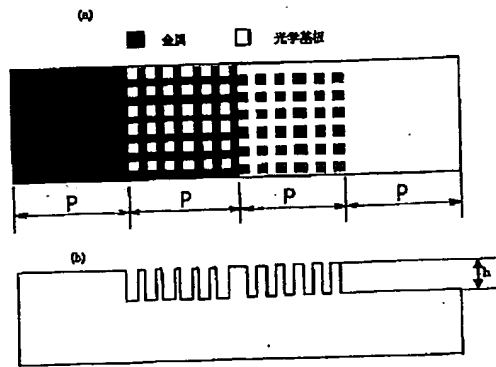
【図8】



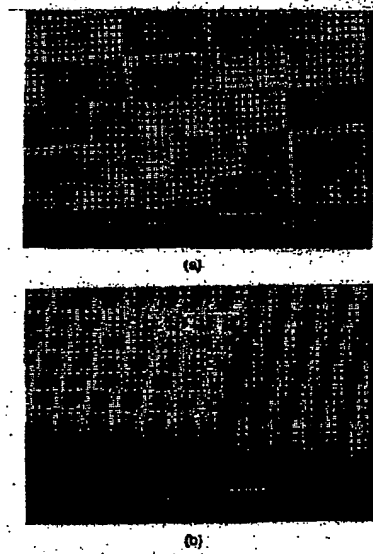
【図7】



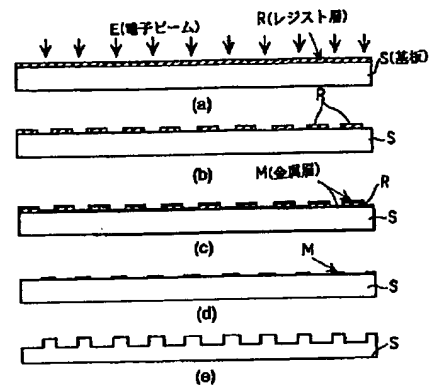
【図4】



【図6】



【図5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H049 AA03 AA13 AA37 AA45 AA52
AA63

[0010]

Fig. 1 and Fig. 2 show an example of a phase-type diffractive optical device according to the present invention. As shown in the diagrams, the phase-type diffractive optical device is unit patterns P having phase modulation capabilities, that are different from each other, arranged on a plane. Each of the unit patterns P is made up of concavo-convex units, each of which having a period shorter than a wavelength of the light to be used. A phase modulation capability is obtained by the concavo-convex units having a period shorter than a wavelength of the light to be used. Then, in the optical device, phase modulation capabilities between unit patterns P are differed by having different ratio of length between a concave unit and a convex unit in the concavo-convex unit in a unit of pattern. Accordingly, a height of a unit pattern P until a convex unit is practically constant among the unit patterns.

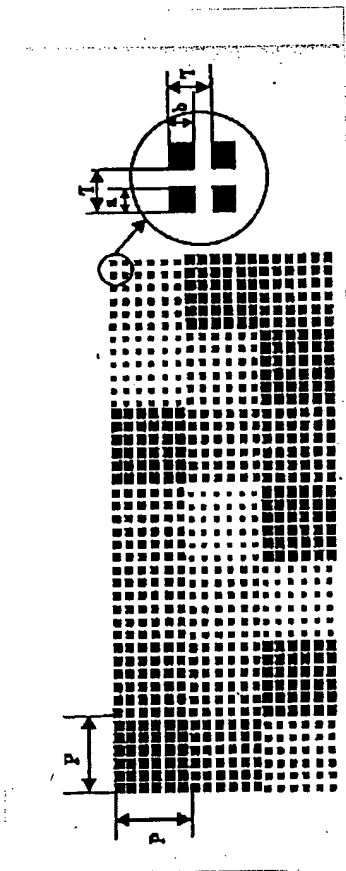
[0011]

When a beam of a wavelength in the permeable-type diffractive grating having a periodical structure is entered, a rectilinear zeroth-order beam and multiple higher-order lights are outputted. However, if the period of the periodical structure is shortened and the value becomes as long as a wavelength of the incoming beam or less than a wavelength, a diffractive condition for the higher-order lights is not established. Therefore, the output is practically only the zeroth-order beam. The diffractive grating herein is called zeroth-order grating. The phase of this zeroth-order grating is modulated by an "effective refractive index" indicating in the zeroth-order grating. The effective refractive index depends on a parameter of the grating so that its value can be changed in a certain range (effective refractive index method, effective media theory. Fig. 3 is a graph showing a state in which an effective refractive index in the two dimensional pillar type or hole type zeroth-order grating formed on a quartz glass substrate (refractive index $n=1.46$) depends on a ratio of pillar and hole in a concavo-convex period. The pillar and hole are distinguished by a structure of the concavo-convex period of the optical

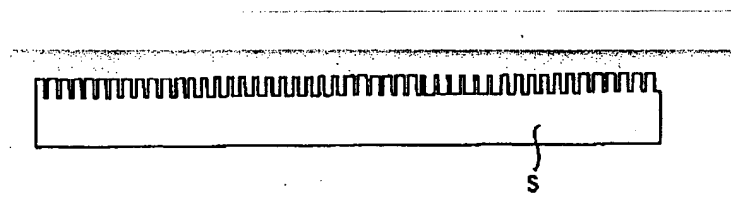
device. In the case where a square black portion shown in Fig. 1 is a portion remained in a pillar shape without being removed by etching, the portion is called "pillar". In the case where the portion is removed by etching and becomes an excavation, the portion is called "hole". In Fig. 1, the horizontal width of the pillar or the hole is indicated as a , the vertical width is indicated as b , and a period of the concavo-convex unit is indicated as T . The a/T or b/T that is a ratio of the pillar width or the hole width in the concavo-convex period is defined as a filling factor.

JP 2001-318217

[FIG. 1]



[FIG. 2]



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.